

Vaarallisten aineiden kuljetukset tietunneleissa

Riskitarkastelut ja VAK-kelpoisuus



Vaarallisten aineiden kuljetukset tietunneleissa

Riskitarkastelut ja VAK-kelpoisuus

Liikenneviraston ohjeita 44/2017

Kannen kuva: Palomiesliitto SPAL

Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-663X

ISSN 1798-6648

ISBN 978-952-317-467-2

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 029 534 3000

Tekniikka ja ympäristö -osasto

Säädösperusta

Korvaa
Vaarallisten aineiden kuljetukset tietunneleissa
(Tiehallinto, 2008)

Kohdistuvuus

Voimassa
8.11.2017 alkaen toistaiseksi

Asiasanat

Tiet, tunnelit, riskit, vaaralliset aineet, kuljetus, turvallisuus, ohjeet

Vaarallisten aineiden kuljetukset tietunneleissa

Riskitarkastelut ja VAK-kelpoisuus

Tässä ohjeessa kuvataan tietunneleille laadittavan VAK-kelpoisuusselvityksen sisältö sekä VAK-kelpoisuusselvitykseen olennaisesti liittyvien VAK-riskitarkastelujen vaatimukset. Riskitarkastelut perustuvat OECD:n ja PIARCin yhteistyössä kehittämän VAK-riskien mallintamisohjelmaan (DG QRAM). Ohjeessa kuvataan tietunnelien vaarallisten aineiden kuljetuksiin liittyvä kuljetusrajoitusten hakuprosessi.

Ohjeessa ei käsitellä riskitarkastelujen tekemistä muilta kuin vaarallisten aineiden kuljetusten osalta.

Ohje korvaa vuonna 2008 julkaistun ohjeen Vaarallisten aineiden kuljetukset tietunneleissa (Tiehallinto).

Tekninen johtaja

Markku Nummelin

Tietunneliturvallisuuden asiantuntija

Pekka Nurminen

*Ohje hyväksytään sähköisellä allekirjoituksella.
Sähköisen allekirjoituksen merkintä on viimeisellä sivulla.*

LISÄTIETOJA

Pekka Nurminen

Liikennevirasto

etunimi.sukunimi(at)liikennevirasto.fi

Esipuhe

Vaarallisten aineiden kuljetukset ovat tietunnelien keskeinen vaaratekijä. Vaarallisten aineiden riskien arviointi on oleellinen osa tunnelien varustelun ja muiden ratkaisujen suunnittelussa ja ne arvioidaan VAK-kelpoisuusselvityksessä.

Tässä ohjeessa kuvataan VAK-kelpoisuusselvityksen sisältövaatimukset, ohjeistetaan tietunnelien vaarallisten aineiden kuljetuksiin liittyvien riskitarkastelujen laadinta DG QRAM -ohjelmalla sekä määritellään kuljetusrajoitusten hakuprosessi.

Ohjeessa ei käsitellä riskitarkastelujen tekemistä muilta kuin vaarallisten aineiden kuljetusten osalta.

Työtä ohjanneen projektiryhmän jäsenet olivat

Laura Väisänen (pj 1.12.2016 asti)	Liikennevirasto
Pekka Nurminen (pj 1.12.2016 alkaen)	Liikennevirasto
Arto Muukkonen	Liikennevirasto
Kimmo Toivonen	Kaakkois-Suomen ELY-keskus
Pekka Rahkola	Trafi
Mikko Västilä	Trafi
Riikka Rajamäki	Trafi

Projektiryhmän lisäksi eri toimenpiteiden vaikutuksia raskaan liikenteen onnettomuustaseseen ja sitä kautta VAK-riskeihin oli arvioimassa Risto Kulmala (Liikennevirasto).

Ohjeen laadinnassa projektiryhmää avusti Trafix Oy, josta työhön osallistuivat Sakari Lindholm (projektipäällikkö), Leena Gruzdaitis, Emilia Taskinen ja Arttu Kosonen.

Työ alkoi toukokuussa 2016 ja valmistui syyskuussa 2017.

Helsingissä marraskuussa 2017

Liikennevirasto
Tekniikka ja ympäristö -osasto

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	6
2	LIIKENNEVIRASTON OHJEET JA LAINSÄÄDÄNTÖ	7
3	VAK-KELPOISUUSSELVITYS	8
3.1	Selvityksen tavoitteet	8
3.2	VAK-riskitarkastelut	8
3.2.1	Lähtötiedot	8
3.2.2	Menetelmät – DG QRAM tai sanallinen arvio	9
3.3	Sanallinen arvio VAK-riskeistä	11
3.4	VAK-kelpoisuuden arviointi	11
4	RISKITARKASTELUT DG QRAM -OHJELMALLA	12
4.1	Hyväksyttävä riskitaso	12
4.2	Riskitarkastelut osana suunnittelua	12
4.2.1	VAIHEET 1 ja 2 – VAK-ominaisriski, minimi- ja normaalivarustelu	13
4.2.2	VAIHE 3 – Tarkoituksenmukaisen varustelun suunnittelu	14
4.2.3	VAIHE 4 – Kuljetusrajoitusten suunnittelu	14
5	DG QRAM -OHJELMAN KÄYTTÖ	15
5.1	Lähtöaineiston kerääminen	15
5.2	Tarkastelujen määrittely	16
5.3	Tunnelireitin ja sen liikenteen määrittely	16
5.3.1	Tunnelireitin kuvaus aikaperiodikohtaisesti	16
5.3.2	Tunnelin geometria ja liikenne	17
5.4	Raskaan liikenteen onnettomuusaste	18
5.5	Tunnelin ominaisuudet ja varustelu	19
5.6	Tarkastelun tulosten tulkinta	21
5.7	Toimenpiteet riskien pienentämiseksi	23
5.7.1	Raskaan liikenteen onnettomuusasteeseen vaikuttavat toimenpiteet	23
5.7.2	VAK-skenaarioiden vakavuuteen vaikuttavat toimenpiteet	23
5.7.3	Muut toimenpiteet	23
6	KULJETUSRAJOITUKSET JA VAIHTOEHTOISET REITIT	25
7	VAK-KELPOISUUSSELVITYSDOKUMENTIN SISÄLTÖVAATIMUKSET	27
LIITTEET		
Liite 1	Onnettomuusskenaariot	

1 Johdanto

Tulipalot, räjähdykset ja myrkkukaasuvuodot ovat äärimmäisen vakavia vaaratilanteita tietunnelissa johtuen tunnelin muodostamasta puolisoljetusta tilasta. Puolisoljettu tila johtaa vaaran nopeaan leviämiseen tunnelin suuntaisesti, joten onnettomuuksien seuraukset ovat merkittävästi vakavampia tunnelissa kuin avo-osuudella. Tulipalot, räjähdykset ja myrkkukaasuvuodot ovat erityisesti vaarallisten aineiden kuljetuksiin liittyvien onnettomuuksien mahdollisia seurauksia.

Vaarallisia aineita kuljetetaan Suomen tieverkolla vuotuisesti miljoonia tonneja. Kuljetukset keskittyvät päätieverkolle ja erityisesti valtateille. Kuljetuksista suurin osa, yli puolet, on polttonesteitä ja öljyjä (vaarallisten aineiden luokka 3), mutta tiellä kuljetetaan myös paljon muun muassa kaasuja (luokka 2) ja syttyvästi vaikuttavia (hapettavia) aineita (luokka 5.1).

Tietunneleiden suunnitteluprosessin aikana tulee arvioida tunnelin kaikki liikenteelliset riskit. Tunnelikohteen vaarallisten aineiden kuljetuksiin liittyviä riskejä ja niiden hallintaa käsitellään VAK-kelpoisuus selvityksessä. Tässä ohjeessa määritellään VAK-kelpoisuus selvityksen sisältövaatimukset ja ohjeistetaan tekemään vaarallisten aineiden kuljetuksiin liittyvät riskitarkastelut.

Riskien tarkastelumenetelmä perustuu OECD:n (Euroopan taloudellinen yhteistyöjärjestö) ja PIARCin (World Road Association) yhteistyössä kehittämään DG QRAM ohjelmaan (Dangerous Goods, Quantitative Risk Assessment Model). Ohjelmassa riskejä arvioidaan eri tapahtumien todennäköisyyden ja niiden seurausten avulla tukeutuen tilastoihin ja erilaisten ilmiöiden mallinnukseen.

Vakavat vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuudet ovat tieverkolla erittäin harvinaisia. Tästä johtuen niihin liittyvä tilastoaineisto on vähäistä, joten VAK-riskien arviointi sisältää (menetelmästä riippumatta) merkittäviä epävarmuustekijöitä. Käyttämällä yhtenäistä ja eri kohteiden osalta vertailukelpoista menetelmää, voidaan merkittäviäkin epävarmuustekijöitä sisältävää riskien arviointimenetelmää hyödyntää tunnelien turvallisuuden tähtäävässä suunnittelussa.

Tavoitteena on, että yksittäiset onnettomuudet eivät johda suuronnettomuuteen tunnelista johtuvien tekijöiden (kuten puolisoljettu tila) vuoksi. Tavoitetta edistetään mm. liikenneturvallisuutta parantavilla ratkaisuilla, estämällä liikenteen pääsy tunneliin onnettomuuden tapahduttua sekä toteuttamalla ratkaisuja, jotka palvelevat tunnelista poistumista ja pelastustoimintaa potentiaalisissa suuronnettomuustilanteissa. Tarpeet riippuvat kohteelle ominaisista onnettomuusriskeistä.

2 Liikenneviraston ohjeet ja lainsäädäntö

”Tietunnelien hallinnointi ja turvallisuutta koskevat määräykset ja ohjeet” -julkaisu (Liikennevirasto 33/2016) toimeenpanee EU:n ns. tietunnelidirektiivin. Julkaisussa on määritetty, että lähtökohtaisesti kaikille tunneleille tulee tehdä riskitarkastelut. Riskitarkasteluissa tulee huomioida kaikki tunnelin turvallisuuteen liittyvät liikenteelliset tekijät. VAK-riskien arviointi on oleellinen osa liikenteellisiä riskitarkasteluja ja tässä määriteltävät VAK-riskitarkastelut liitetään osaksi liikenteellisten riskitarkastelujen kokonaisuutta.

”Tietunnelien turvallisuusasiakirjojen laadinta” -ohjeessa (Liikennevirasto 32/2015) määritellään riskitarkastelut suhteessa tunnelikohteen suunnitteluprosessin. Ohjeessa ei määritellä riskitarkastelumenetelmiä. Liikenteelliset riskit tulee tarkastella jo varhaisessa vaiheessa suunnittelua, ennen kohteen teknisten järjestelmien yleissuunnittelun aloittamista. Riskitarkastelujen tulokset yhdessä Liikenneviraston palvelutasotavoitteiden (muun muassa Tietunnelien liikenteenhallinnan palvelutasot -toimintalinja 2/2015) ja hankekohtaisten päätösten kanssa määrittelevät tarpeen tunnelin turvallisuutta parantaville toimenpiteille (mm. varustelu).

Laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta (719/1994, 14 b § 2) määrää, että vaarallisten aineiden tietunnelikuljetuksien rajoittamisesta päättää liikenteen turvallisuusviranomainen Tafi. Päätös tehdään tienpitäjän esityksen pohjalta. Tienpitäjän esitys perustuu tunnelin vaarojen arviointiin, josta on vastannut riippumaton taho.

Kansainvälinen ADR-sopimus (European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Roads) käsittelee luvussa 1.9.5 vaarallisten aineiden kuljetusten rajoittamista tietunneleissa. Mikäli kuljetuksia rajoitetaan tietunneleissa, tulee huomioida tunnelin ominaispiirteet, riskien arviointi ottaen huomioon vaihtoehtoisten reittien käyttömahdollisuudet, vaihtoehtoiset kuljetusmuodot ja liikenteen hallinnan toimenpiteet.

Rajoitukset asetetaan käyttäen tunneliluokkia A...E. Tunneli voidaan luokitella useampaan kategoriaan riippuen esimerkiksi ajankohdasta (tunti-, päivä- tai viikkokohtainen luokittelu).

Tunneliluokat A...E on määritelty 1.1.2017 voimaan tullessa ADR-sopimuksessa seuraavasti:

- A. Ei rajoituksia vaarallisten aineiden kuljetuksiin
- B. Rajoitus vaarallisille aineille, jotka voivat aiheuttaa erittäin voimakkaan räjähdysksen
- C. Rajoitus vaarallisille aineille, jotka voivat aiheuttaa erittäin suuren räjähdysksen, suuren räjähdysksen tai laajan myrkyllisen vuodon
- D. Rajoitus vaarallisille aineille, jotka voivat aiheuttaa erittäin suuren räjähdysksen, suuren räjähdysksen, laajan myrkyvuodon tai laajan tulipalon
- E. Rajoitus
 - kaikille vaarallisten aineiden kuljetuksille lukuun ottamatta niitä, joille on merkitty ”(-)” [ADR-sopimuksen] luvun 3.2 taulukon A sarakkeessa (15).
 - kaikille [ADR-sopimuksen] luvun 3.4 mukaisesti kuljettaville vaarallisille aineille, kun kokonaisbruttomassa ylittää 8 tonnia kuljetusyksikköä kohti.

Siirtymäaika sopimuksessa määritellyn on puoli vuotta. Täten edellä mainittu on tullut Suomessa voimaan 1.7.2017.

3 VAK-kelpoisuusselvitys

3.1 Selvityksen tavoitteet

VAK-kelpoisuusselvityksen tavoitteena on kuvata tunnelikohteen vaarallisten aineiden kuljetuksiin liittyvät henkilövahinko- ja taloudelliset riskit, toimenpiteet kohteelle ominaisten riskien pienentämiseksi sekä eri toimenpiteiden merkittävyys VAK-riskien hallinnassa. VAK-kelpoisuusselvitys liitetään osaksi tietunnelin turvallisuusasiakirjoja.

VAK-kelpoisuusselvityksen perusteella tehdään päätös mahdollisista vaarallisten aineiden kuljetusrajoituksista tietunneleissa, joskaan kuljetusrajoituksia ei tulla asettamaan kuin poikkeustapauksissa.

VAK-kelpoisuusselvitykseen sisältyy vaarallisten aineiden kuljetuksiin liittyvät riskitarkastelut, jotka ovat tärkein osa tietunnelien liikenteellisten riskien arviointia. Riskitarkastelut tehdään joko sanallisena arviona tai hyödyntäen DG QRAM -ohjelmaa. Sanallinen arviointi on riittävä tunnelikohteissa, joissa tunnelin VAK-riskit ovat kohteen lähtötietojen ja tämän ohjeen laadinnan yhteydessä tehtyjen tarkastelujen perusteella vähäiset. Riskitarkastelujen menetelmävaatimukset eri kohteille on esitetty luvussa 3.2.

VAK-kelpoisuusselvitykseen dokumentoidaan riskitarkastelujen tulokset sekä riskitarkastelujen perusteella laaditut toimenpiteet riskien pienentämiseksi. VAK-kelpoisuusselvityksessä määritellään reunaehdot tunnelin VAK-kelpoisuudelle tai VAK-kelpoisuuden tarkistamistarpeille.

VAK-kelpoisuusselvitys ja siihen liittyvät riskitarkastelut tehdään turvallisuuskonseptin laadinnan yhteydessä. Turvallisuuskonsepti toimii lähtötietona muun muassa tunnelijärjestelmien suunnittelulle (joko uus- tai korvausinvestointi).

3.2 VAK-riskitarkastelut

3.2.1 Lähtötiedot

Riskitarkastelujen lähtötiedoiksi selvitetään seuraavat kohdekohtaiset tiedot:

- Tunnelikohteen rakenteelliset ratkaisut
 - Rakennustapa, mitat, tietekniset ratkaisut, VAK-turvallisuuden kannalta olennaiset rakenteet (kuivatus, palotekniset rakenteet).
- Tunnelikohteen liikenteen kuvaus
 - Henkilöauto- ja raskaan liikenteen määrä (nykytilanne ja 15 v. ennuste)
 - Ennusteliikenne lasketaan keskimääräisestä vuorokausiliikenteestä (KVL), joka käytössä olevan ennusteen mukaan vallitsee 15 vuoden kuluttua tunnelin avaamisesta (interpoloidaan tai ekstrapoloidaan).
 - VAK-liikenteen määrä ja kuljetusten ainejakauma (nykytilanne ja ennuste), perustuen mm. käytössä olevin selvityksiin kuljetusmääristä ja ainejakaumista, kohdetta varten erikseen laadittaviin selvityksiin tai laskentoihin (ks. tarkemmat vaatimukset alla).

Tarkasteltavan kohteen VAK-liikennemäärien ja ainejakauman selvittämismenetelmä tulee suunnitella yhteistyössä alueellisen ELY-keskuksen asiantuntijoiden ja Trafín VAK-asiantuntijoiden kanssa, ja menetelmä tulee hyväksyttää tietunnelien hallinto-viranomaisen edustajalla ennen riskitarkasteluja. On tärkeää tunnistaa mm. alueen teollisuustoiminta ja muut erityispiirteet, jotka tuottavat tai kuluttavat vaarallisia aineita toiminnassaan.

Mikäli VAK-liikenteen määrien selvittämiseksi päädytään käyttämään laskentatietoa, edustava laskentaotos on yhden viikon laskenta (24/7), joka ei ajoitu joulukuulle, pyhäpäiville tai suunnittelualueen lähiseudun kuljetuksiin vaikuttavien tehtaiden tai vastaavien laitosten seisokkeihin. Mikäli kyseessä on uudelle tieyhteydelle toteutettava tunneli, edustava laskentapiste valitaan lähtökohtaisesti nykyiseltä tieverkolta.

Mikäli kohteeseen soveltuu, voidaan VAK-liikennemäärät selvittää haastatteluilla.

Kaikista nykytilanteeseen perustuvista selvityksistä ja laskennan tuloksista johdetaan 15 v. päähän tunnelin avaamisesta ulottuva ennuste hyödyntäen hankkeen liikenneennustetietoja.

Mikäli erilliset laskennat tai selvitykset eivät ole perusteltua kohteen VAK-liikenteen selvittämiseksi, on VAK-liikenteen osuus raskaan liikenteestä lähtökohtaisesti 5 prosenttia ja ainejakauma on tämän ohjeen liitteessä 1 esitetty Suomen yleinen jakauma.

3.2.2 Menetelmät – DG QRAM tai sanallinen arvio

VAK-riskejä arvioidaan kahdella menetelmällä, sanallisesti asiantuntija-arviona tai laskennallisesti DG QRAM -tarkastelulla.

Sanallinen asiantuntija-arvio on riittävä tarkastelumenetelmä niissä kohteissa, joissa tunnelin pituus, liikennemäärät ja -koostumus sekä rakenteet huomioiden VAK-riskien voidaan todeta olevan niin pienet, että niiden tarkempi tarkastelu ei ole tarpeen.

DG QRAM -tarkastelu tehdään kohteissa, joissa muun muassa tunnelin pituus, liikennemäärät ja VAK-liikenteen määrät voivat johtaa korkeaan VAK-onnettomuusriskiin. DG QRAM on OECD:n ja PIARCin yhteistyössä kehittämä ohjelma, joka on käytössä useassa Euroopan maassa osana tietunnelien riskien arviointiprosessia. Suomessa VAK-riskien arviointiin hyödynnetään ohjelman sovellusta, jolla tarkastellaan tunnelikohteen kuolonuhrien lukumäärän odotusarvoa (henkilövahinkoriskit) VAK-onnettomuusskenaarioissa.

Jatkossa on esitetty vaatimukset riskitarkastelumenetelmille erityyppisissä kohteissa.

Taulukko 1. Tunnelityyppikohtaiset vaatimukset vaarallisten aineiden kuljetusten VAK-riskiarviointimenetelmälle. Vähäriskisille tunneleille (vihreä) riittävä tarkastelutapa on sanallinen asiantuntija-arvio. Mahdollisesti korkeariskiset tunnelit on esitetty oranssilla, ja näille kohteille vaaditaan DG QRAM -tarkastelut.

Vaatimukset riskitarkasteluille (2-ajorataiset tunnelit) Taulukko on voimassa 2-ajorataisille tunneleille, joissa <ul style="list-style-type: none"> Kuljetusten ainejakauma vastaa Suomen yleistä ainejakaumaa Pituuskaltevuus max. 3 % ja poikkileikkauksen ala väh. 60 m² Palotekniset ratkaisut nykyisten suunnitteluohjeiden mukaiset 				
Tunnelin pituus	Liikenne-ennusteen (15 v.) mukainen KVL (ajon. / vrk) JA VAK-liikenteen määrä (ajon. / vrk) enintään			
	KVL-max 15 000 JA VAK-max 75	KVL-max 20 000 JA VAK-max 100	KVL-max 25 000 JA VAK-max 125	KVL > 25 000 JA VAK-liikennettä
< 250 metriä	Sanallinen arvio	Sanallinen arvio	Sanallinen arvio	Vaaditaan QRAM
250...500 metriä	Sanallinen arvio	Sanallinen arvio	Vaaditaan QRAM	Vaaditaan QRAM
500...750 metriä	Sanallinen arvio	Vaaditaan QRAM	Vaaditaan QRAM	Vaaditaan QRAM
750...1000 metriä	Sanallinen arvio	Vaaditaan QRAM	Vaaditaan QRAM	Vaaditaan QRAM
1000 + metriä	Vaaditaan QRAM	Vaaditaan QRAM	Vaaditaan QRAM	Vaaditaan QRAM

Taulukossa 1 on esitetty, milloin kohteeseen vaaditaan tehtäväksi DG QRAM -riskitarkastelut. Taulukossa esitetyt vaatimukset koskevat 2-ajorataisia tunneleita, joissa on kaksi ajokaistaa erillisissä tunneliputkissa. Lisäksi kohteessa täyttyä seuraavat ehdot:

- vaarallisten aineiden kuljetusten ainejakauma kohteessa vastaa Suomen yleistä kuljetusjakaumaa (ks. liite 1)
- tunneliputken maksimipituuskaltevuus on 3 % ja tunneliputken liikennetilän poikkileikkauksen pinta-ala on vähintään 60 m².
- Mikäli kohteen palotekniset rakenteet poikkeavat merkittävästi nykyisten suunnitteluohjeiden mukaisista, DG QRAM-tarkastelun tarve harkitaan myös taulukossa esitetyille vähäriskisille tunneleille.

Muissa tunnelikohteissa DG QRAM -tarkastelu tehdään lähtökohtaisesti aina, mikäli VAK-liikenteen oletetaan aiheuttavan merkittävän riskin tunnelin liikenteelle ja rakenteille.

DG QRAM -ohjelman rooli riskitarkasteluissa on ohjeistettu luvussa 4. Ohjelman yhtenäiseen käyttöön liittyvä ohjeistus on koottu lukuun 5.

Mikäli kohde on VAK-liikenteen osalta vähäriskinen (taulukon vihreät kohdat), **VAK-riskit arvioidaan sanallisesti.**

3.3 Sanallinen arvio VAK-riskiestä

VAK-riskien sanallinen asiantuntija-arvio on vapaamuotoinen selvitys kohteen VAK-riskiestä. Arviossa tulee käsitellä seuraavia aihealueita:

- Selvitys niistä tekijöistä, joiden perusteella VAK-riskien voidaan katsoa olevan niin matalat, että erillisiä toimenpiteitä (mm. varusteet) ei ole tarpeen toteuttaa.
- Selvitys niistä tekijöistä, jotka edesauttavat kohteen VAK-riskien hallintaa, esim.
 - Mahdollinen viranomaisyhteistyö liikennekeskuksen ja pelastustoimen välillä
 - Mahdolliset kohteeseen toteutetut / toteutettavat VAK-turvallisuutta parantavat ratkaisut
- Selvitys niistä VAK-onnettomuustyypeistä, jotka lähtötietojen perusteella kuitenkin ovat mahdollisia.
- Asiantuntija-arvio siitä, mitä vaurioita (erittäin epätodennäköisistä) onnettomuusskenaarioista seuraa tien ja tunnelin rakenteille ja mahdollisiin muihin oleellisiin kohteisiin (esim. tunnelin välittömässä läheisyydessä oleville toiminnoille).

3.4 VAK-kelpoisuuden arviointi

Kohteen VAK-kelpoisuus arvioidaan tunnelin lähtökohtien ja riskitarkastelujen tulosten perusteella. Arvioinnissa käsitellään tunnelin ominaispiirteiden, varustelun ja ratkaisujen merkitys kohteen VAK-kelpoisuudessa; mitkä ovat olennaisimmat tekijät tunnelin riittävälle turvallisuudelle VAK-liikenteen näkökulmasta ja miten riittävä turvallisuustaso varmistetaan (esim. tiettyjen varusteiden toimintavarmuuteen panostaminen). Lisäksi määritellään, millä reunaehdoilla tunnelin katsotaan olevan VAK-kelpoinen ja missä tilanteissa VAK-kelpoisuus tulee mahdollisesti tarkistaa. Huomioitavia asioita ovat muun muassa:

- liikenteen ja VAK-kuljetusten määrän kasvu
- järjestelmien toteutukseen ja toimintavarmuuteen liittyvät kysymykset
- hankekokonaisuuden merkittävät muutokset
- muut tunnistetut ehdot.

4 Riskitarkastelut DG QRAM -ohjelmalla

4.1 Hyväksyttävä riskitaso

Tunnelikohteen VAK-kelpoisuus täyttyy, mikäli kohteen riskitaso DG QRAM -ohjelman tarkastelussa on korkeintaan **1 kuolema / 500 vuotta**, kun tarkastelussa on huomioitu kohteen varustelu ja muut rakenteelliset ratkaisut. Mikäli tunnelin rakenteelliset ratkaisut ovat omiaan aiheuttamaan vaaratilanteita ja vahinkoja, joita DG QRAM -tarkastelussa ei voida huomioida (esim. paloteknisten rakenteiden puutteista johtuvat vahingot), tulee hyväksyttävä riskitaso tarkastella tapauskohtaisesti.

Tulee huomioida, että yllä esitetyt riskirajat eivät ole suoraan vertailukelpoisia muiden valtioiden määrittelemiin riskirajoihin. Monessa maassa laskennan lähtöarvona käytettävää raskaan liikenteen onnettomuusastetta korjataan VAK-liikennettä koskevalla kertoimella (kerroin pienempi kuin yksi), koska tutkimusten mukaan VAK-liikenne on muuta raskasta liikennettä epätodennäköisemmin osallisena onnettomuuksiin. Tätä ohjetta laadittaessa käytössä ei ollut tilastoja, joista vastaava luku olisi voitu johtaa Suomen tarkasteluja varten.

4.2 Riskitarkastelut osana suunnittelua

DG QRAM -tarkasteluilla arvioidaan eri VAK-onnettomuusskenaarioiden todennäköisyyksiä ja niistä aiheutuvia seurauksia. DG QRAM -tarkastelujen avulla suunnitellaan tunnelin tarkoituksenmukainen varustelu VAK-onnettomuuksien näkökulmasta.

Tarkastelut ja näiden myötä tunnelin varustelun ja muiden ratkaisujen suunnittelu tehdään vaiheittain jatkossa esitetyllä periaatteella.

1. Selvitetään varustamattoman tunnelin riskitaso, eli ns. ominaisriski.
2. Selvitetään Liikenneviraston julkaisuissa määritellyn minimi- ja normaali-varustelun vaikutus tunnelin riskitasoon. Vaikutukset selvitetään sekä kokonaisuutena että yksittäisen varustelajin (esim. vaihtuvat nopeusrajoitukset tai liikenteen pysäytys) osalta.
3. Tarvittaessa: Suunnitellaan varustelu, jolla VAK-riskit saadaan alennettua hyväksyttävälle tasolle.
4. (Vain poikkeustapauksissa: Suunnitellaan kuljetusrajoitukset.)

Vaiheet 1 ja 2 (tunnelin ominaisriski ja minimivarustelu) koskevat jokaista kohdetta, johon DG QRAM -tarkastelu tehdään. Vaihe 3 (varustelun suunnittelu) tehdään vain, mikäli riskitaso on normaalivarustelun kanssa liian korkea. Vaihe 4 (kuljetusrajoitusten suunnittelu) tehdään vain äärimmäisissä tapauksissa.

4.2.1 VAIHEET 1 ja 2 – VAK-ominaisriski, minimi- ja normaalivarustelu

Vaiheissa 1 ja 2 selvitetään tunnelin VAK-ominaisriski (varustelemattoman tunnelin riskitaso VAK-liikenteen näkökulmasta) sekä selvitetään minimi- ja normaalivarustelutason vaikutukset tunnelin riskitasoon. Minimi- ja normaalivarustelu ja -ratkaisut ovat määritelty seuraavissa Liikenneviraston julkaisuissa:

- Tietunnelien hallinnointi ja turvallisuutta koskevat määräykset ja ohjeet (33/2016), jossa esitetään varustelun ja ratkaisujen vähimmäisvaatimuksia.
- Tietunnelien liikenteenhallinnan palvelutasot (2/2015), jossa esitetään tietunnelin liikenteenhallintajärjestelmän toteutuslaajuuden alennettu, normaali ja korotettu palvelutaso eri liikenneympäristöissä.

DG QRAM -tarkastelut tehdään kolmelle eri varustelukokonaisuudelle:

- Ei varustelua, eli ominaisriski
- Minimivarustelu (Tietunnelien hallinnointi -ohjeen vähimmäisvaatimukset ja liikenteenhallinnan alennettu palvelutaso)
- Normaalivarustelu (Tietunnelien hallinnointi -ohjeen vähimmäisvaatimukset ja liikenteenhallinnan normaali palvelutaso).

Tarkastelut tehdään ja raportoidaan siten, että eri varusteiden tai ratkaisujen vaikutukset selviävät yksittäin ja kokonaisuutena. Tulee huomioida, että osa varusteista vaikuttaa suoraan laskennassa käytettävään raskaan liikenteen onnettomuusasteeseen (ks. 5.4 ja 5.7) ja vaikutukset on määritelty tässä ohjeessa.

Mikäli edellä mainituissa Liikenneviraston julkaisuissa esitetty minimi- ja normaali-tason varustelu riittää alentamaan VAK-riskit hyväksyttävälle tasolle, varustelun jatko-suunnittelua ja DG QRAM -tarkasteluja ei tarvita enempää. Tieto eri varusteiden ja ratkaisujen vaikutuksesta VAK-riskitasoon antaa tietoa muun muassa teknisten järjestelmien vikasietoisuuden suunnitteluun.

Taulukko 2. Esimerkki varustelun ja ratkaisujen vaikutusten raportoinnista.

Tunnelin VAK-ominaisriski (varustelematon tunneli) = 1 kuolema / X vuotta		
Onnettomuuksia vähentävät toimenpiteet	Onnettomuuksien vaikutuksia pienentävät toimenpiteet	Vaikutus riskitasoon (likimain)
	Impulssipuhaltimet	- x %
	Hätäuloskäynti 250 m välein	- x %
	Etäohjattavat liikennevalot	- x %
Vaihtuvat nopeus- rajoitukset		- x %
Jne...	Jne...	Jne...
Tunnelin VAK-riski (minimivarustelu) = 1 kuolema / X vuotta		
Tunnelin VAK-riski (normaalivarustelu) = 1 kuolema / X vuotta		

4.2.2 VAIHE 3 – Tarkoituksenmukaisen varustelun suunnittelu

Mikäli edellä mainituissa Liikenneviraston julkaisuissa esitetty minimi- ja normaali-tason varustelu ei riitä alentamaan VAK-riskejä tarvittavalle tasolle, suunnitellaan varustelu VAK-riskien näkökulmasta riittävälle tasolle hyödyntäen ”Tietunnelien liikenteenhallinnan palvelutasot” -julkaisun korotettua tasoa sekä tämän ohjeen al-luvussa 4.9 esitettyjä toimenpiteitä.

Suunnittelussa tulee huomioida eri toimenpiteiden vaikuttavuus; osa mahdollisista toimenpiteistä vaikuttaa onnettomuusskenaarion tapahtumatodennäköisyyteen, ja osa vaikuttaa onnettomuusskenaariolle altistuvien henkilöiden lukumäärään. Lisäksi eri toimenpiteiden välillä on merkittäviä kustannuseroja. Vaikuttamalla onnettomuus-skenaarioiden tapahtumatodennäköisyyteen alennetaan myös taloudellisia riskejä (mm. tunnelin rakenteet, pääväylän käytettävyys), mikä on tärkeä näkökulma riskien hallinnassa. Suunnittelussa pyritään kokonaistaloudellisesti tehokkaaseen kokonai-suuteen.

Tarvittavat varusteet ja ratkaisut suunnitellaan ja raportoidaan DG QRAM -ohjelman avulla siten, että eri varusteiden tai ratkaisujen vaikutukset selviävät yksittäin ja kokonaisuutena.

Suunnittelun lopputuloksena on kuvaus tarvittavista varusteista ja ratkaisuista sekä arvio siitä, miten teknisten järjestelmien toimintavarmuus tulee huomioida kunkin varustelukokonaisuuden osalta.

4.2.3 VAIHE 4 – Kuljetusrajoitusten suunnittelu

Mikäli kohteen VAK-riskit ovat niin korkeat, että VAK-kelpoisuutta ei pystytä saavutta-maan varustelulla tai muilla ratkaisuilla, tulee vaarallisten aineiden kuljetuksia rajoittaa tunnelissa. Lähtökohtana kuitenkin on, että rajoituksia ei aseteta. Mikäli näin joudutaan kuitenkin tekemään, rajoitukset minimoidaan (esim. kuljetusten rajoitta-minen vain ruuhka-aikana, jolloin onnettomuusskenaarioille altistuvia on eniten liikenteessä).

Kuljetusrajoitusten suunnitteluperiaatteet ja prosessi on käsitelty tarkemmin luvussa 6.

5 DG QRAM -ohjelman käyttö

5.1 Lähtöaineiston kerääminen

DG QRAM -ohjelma tarvitsee laskentaa varten lukuisia lähtötietoja kohteesta. Lähtötiedot jaetaan kohdekohtaisiin tietoihin ja Suomessa käytettäviin vakioihin. Seuraavissa alaluvuissa on kuvattu yleisellä tasolla ohjelman käytössä tarvittavat lähtötiedot ja esitetty Suomen tarkasteluissa käytettävät vakiot.

Kohdekohtaiset tiedot kerätään kohteen suunnitelma-aineistosta. Tarvittavia tietoja ovat:

Laskennassa tarvittava lähtöaineisto	Tarkentavat tiedot
Liikenne-ennuste ja liikenteen koostumus	Laskentaan tarvittavat lähtötiedot on esitetty tarkemmin alaluvuissa 5.2 ja 5.3. Aineisto kerätään käytössä olevasta liikenne-ennusteesta sekä ajoneuvoliikennettä koskevista selvityksistä.
VAK-kuljetusmäärät	Ks. 5.3
Tunnelireitti, geometria-tiedot ja mitat	Laskentaan tarvittavat lähtötiedot on esitetty alaluvussa 5.3. Aineisto kerätään suunnitelma-asia- kirjoista tai ajantasaisesta tietunnelin turvallisuus-asiakirjasta.
Varusteet, tekniset ratkaisut ja turvatekniset rakenteet	QRAM -tarkastelu toimii tarkoituksenmukaisen varustelun suunnittelutyökaluna. Varustelua ja sen vaikutusta laskentaan on käsitelty alaluvuissa 5.3.2, 5.5 ja 5.7.
Ilmanvaihto ja savunpoisto	Laskentaa varten tarvittavat lähtötiedot tulee tarkastella yhdessä tarvittavien asiantuntijoiden kanssa. Ilmanvaihtoa ja savunpoistoa käsitellään alaluvussa 5.5.

On tärkeää tarkistaa ennen laskentaa, onko tässä ohjeessa jatkossa mainittuja julkaisuja päivitetty.

Jatkossa on kuvattu laskentaan käytettävät lähtöarvot likimain siinä järjestyksessä, jossa ne syötetään ohjelmaan.

5.2 Tarkastelujen määrittely

Suomen tunnelikohtaiset riskitarkastelut tehdään DG QRAM -ohjelmalla seuraavasti:

- Riskitarkastelu rajataan koskemaan vain tunnelia.
- Tarkastelun tulosten mittarina on kuolonuhrien odotusarvo.
- Tarkastellaan vain vaarallisiin aineisiin liittyvät skenaariot, eli raskaan liikenteen tulipaloihin liittyvät skenaariot (skenaariot numerot 1 ja 2) jätetään tarkastelun ulkopuolelle. Kloorin kuljetuksiin liittyvää skenaariota (skenaariot numero 6) ei myöskään tarkastella, koska Suomessa klooria ei kuljeteta maanteitse. Liitteessä 1 on tietoa skenaarioista.
- Tarkastelun aikaperiodit valitaan kohteesta riippuen.
 - Vilkasliikenteellisillä kaupunkiseudun pääväylillä valitaan kolme periodia (huipputunti, normaaliliikenne, hiljainen liikenne). Nämä pääväylät on määritelty toimintalinjassa ”tietunnelien liikenteenhallinnan palvelutasot, 2/2015”. Lähtökohtana on, että
 - huipputuntiperiodi kestää 2 tuntia
 - normaaliliikenneperiodi 12 tuntia
 - hiljaisen liikenteen periodi 10 tuntia.
 - Seudullisissa kohteissa tarkastellaan lähtökohtaisesti vain normaali-periodi.

5.3 Tunnelireitin ja sen liikenteen määrittely

5.3.1 Tunnelireitin kuvaus aikaperiodikohtaisesti

Tunnelireitin ominaisuudet määritellään jokaiselle aikaperiodille (ks. myös edellinen alaluku) erikseen. Aikaperiodien pituus riippuu kohteen liikenne-ennusteesta.

Jokaiselle aikaperiodille määritellään ajoneuvoluokkakohtaisesti matkustajien lukumäärä (henkilöä / ajoneuvo). Liikenneviraston ohjeessa ”Tie- ja rautatieliikenteen hankearvioinnin yksikköarvot 2013” (1/2015) on esitetty seuraavat keskimääräiset arvot, joita käytetään ohjelmaan syötettävänä lähtöarvoina:

- Henkilöautoissa on keskimäärin 1,5 henkilöä.
- Kuorma-autoissa on keskimäärin 1,1 henkilöä.
- Linja-autoissa on keskimäärin 11,7 henkilöä (1 kuljettaja ja 10,7 matkustajaa). Linja-autojen osalta tulee huomioida mahdollinen ruuhka-ajan korkeampi kuormitus kohdekohtaisesti.
 - Tarvittavia lähteitä ovat muun muassa paikallisen joukkoliikenteen järjestäjän (esim. HSL) tilastot bussien kuormituksesta eri ajan-kohtina.

Aikaperiodeille syötetään tiedot VAK-liikenteestä. VAK-liikenteen oletetaan jakautuvan aikaperiodeille tasaisesti (x ajoneuvoa / h koko ajalta), ellei tästä ole kohdekohtaisesti tarkempaa tietoa.

Liitteessä 1 on esitetty Suomen tarkasteluissa käytettävä onnettomuusskenaariojakauma, joka perustuu Trafin selvitykseen Vaarallisten aineiden kuljetukset (2012). Ennen tarkastelujen tekoa tulee arvioida, onko valtakunnallinen jakauma soveltuva laskentaan, vai onko perusteltua käyttää erillisiin selvityksiin perustuvaa muokattua jakaumaa (esim. lähistöllä olevan teollisuuden vuoksi tai kohde ei ole osa päätieverkkoa).

Vaikutukset laskentaan:

- ➔ Henkilöiden lukumäärä ajoneuvoissa vaikuttaa onnettomuusskenaarioiden vakavuuteen (uhrien lukumäärä)
- ➔ VAK-liikenteen määrä ja onnettomuusskenaariojakauma vaikuttaa onnettomuusskenaarioiden tapahtumatodennäköisyyteen

5.3.2 Tunnelin geometria ja liikenne

Tunnelireitti määritellään tasokoordinaattien perusteella. Tunnelireitin määrittely tehdään karkealla tasolla huomioiden, että tunnelin pituus tulee kuvattua tarkasti. Kaistamäärä kuvataan kohdekohtaisesti. Tunnelin sijainti (kaupunki- tai seututunneli) valitaan kohdekohtaisesti.

Liikennemäärät kuvataan hyödyntäen liikenne-ennustetta. Tuntiliikenne lasketaan keskimääräisestä vuorokausiliikenteestä (KVL), joka ennusteen mukaan vallitsee 15 vuoden kuluttua tunnelin avaamisesta (interpoloidaan tai ekstrapoloidaan liikenne-ennusteesta). Mikäli linja-autoliikenteestä ei ole ennustetietoa, käytetään laskennassa arvoa 0,5 %.

Ajoneuvojen nopeus ilmoitetaan kohdekohtaisesti suurimman sallitun nopeusrajoituksen mukaisesti huomioiden raskaan liikenteen yleinen nopeusrajoitus.

Liikenteen pysäyttämiseen kuluva aika (sekunteina) riippuu tunnelin varustelusta (ks. myös alaluku 5.5). Kohtaan valitaan arvo seuraavasti:

- Mikäli kohteessa on tieliikennekeskuksesta ohjattavat liikennevalot, käytetään arvoa 300 sekuntia.
- Mikäli kohteeseen toteutetaan lisäksi häiriönhavaintojärjestelmä, joka
 - havaitsee pistemäisien havaintojen perusteella hitaan ajoneuvon ja tuottaa havainnosta herätteen → **käytetään arvoa 90 sekuntia**
 - havaitsee pysähtyneen ajoneuvon ilman katvealueita, tuottaa havainnosta herätteen ja havainnon perusteella ohjataan seurantakamerat kohteeseen → **käytetään arvoa 45 sekuntia**.
- Muissa tapauksissa käytetään pelastustoimen arviota ajasta, joka pelastusyksiköiltä kuluu kohteeseen (hälytyksen saamisesta) ja tähän lisätään 300 sekuntia.

Vaikutukset laskentaan:

- ➔ Tunnelin pituus ja sijainti (kaupunki / seutu) vaikuttavat onnettomuusskenaarioiden tapahtumatodennäköisyyteen.
- ➔ Tuntiliikennemäärä (yhdistettynä tietoon ajoneuvoissa olevien ihmisten lukumäärästä) vaikuttaa onnettomuusskenaarioiden vakavuuteen (uhrien lukumäärä).
- ➔ Kaistamäärä, ajoneuvojen nopeus ja liikenteen pysäyttämiseen kuluva vaikuttavat onnettomuusskenaarioiden vakavuuteen (kuinka paljon ajoneuvoja mahtuu ja ehtii tunneliin). Liikenteen pysäyttämiseen kuluva aika on keskeinen tekijä onnettomuusskenaarioiden vakavuudessa.

5.4 Raskaan liikenteen onnettomuusaste

Raskaan liikenteen onnettomuusaste on yksi keskeisimmistä ohjelmaan syötettävistä lähtötiedoista, koska ohjelman laskeman yksittäisen onnettomuusskenaarion tapahtumatodennäköisyys on suoraan verrannollinen ohjelmaan syötettyyn onnettomuusasteen arvoon. Ohjelmassa käsiteltävä onnettomuusaste sisältää kaikki onnettomuustyytit (omaisuusvahingot ja henkilövahingot).

Laskennassa käytettävä onnettomuusaste määritellään kohdekohtaisesti. Ensimmäisessä tarkastelussa onnettomuusasteen määrittely tulee perustua ”Tietunnelien hallinnointi ja turvallisuutta koskevat määräykset ja ohjeet” – julkaisun vähimmäisvaatimukseen. Jatkotarkasteluissa (mikäli on tarpeen määritellä riskejä alentavia toimenpiteitä) suunnitellaan toimenpiteitä, joilla riskejä voidaan alentaa (ks. myös 5.6 ja 5.7). 2-ajorataisilla tieosuuksilla onnettomuusasteen lähtöarvona käytetään

- **$6,0 * 10^{-7}$ onn. / ajon. km** tunnelin ollessa alle 500 m.
- Pidemmissä kohteissa arvona käytetään **$4,8 * 10^{-7}$ onn. / ajon. km**.

1-ajorataisissa tunneleissa käytetään DG QRAM -ohjelmaan määriteltyä eurooppalaista keskiarvoa.

Onnettomuusastetta muokataan kohteen ominaisuuksien ja varustelun perusteella. Alaluvussa 5.7 on esitetty yleisimpien toimenpiteiden vaikutuskertoimet.

Vaikutukset laskentaan:

- ➔ Onnettomuusaste vaikuttaa onnettomuusskenaarioiden tapahtumatodennäköisyyteen.

5.5 Tunnelin ominaisuudet ja varustelu

Eri onnettomuusskenaarioiden vakavuuteen eli uhrien lukumäärän odotusarvoon vaikuttavat lähtöarvot koskevat tunnelin ominaisuuksia ja varustelua. Tunnelin ominaisuuksiin ja varusteluun liittyvät lähtötiedot täytetään pääsääntöisesti kohdekohtaisten tietojen perusteella.

Lähtötieto	Täyttöohje	Huomioitavaa
Poikkileikkauksen geometria	Kohdekohtaisesti	Holvikaaripoikkileikkaus huomioitava, kun leveys- ja korkeustiedot syötetään, jotta poikkileikkauksen pinta-ala vastaa todellisuutta (pinta-ala = keskim. leveys * keskim. korkeus)
Pystygeometria	Kohdekohtaisesti (karkea taso riittävä)	Mallinnuksessa varmistettava, että eri geometriaosuudet ovat ilmanvaihdon suhteen homogeeniset.
Normaalitilanteen ilmanvaihto	Kohdekohtaisesti (poistuvan ilman tilavuus = ilmavirta * poikkileikkauksen pinta-ala)	Ilmavirran normaalinopeutena käytetään 2-putkisissa tunneleissa 1 m/s (liikenteen aiheuttama mäntä-efekti).
Hätätilanteen ilmanvaihto ja savunpoisto	Kohdekohtaisesti (poistuvan ilman tilavuus = ilmavirta * poikkileikkauksen pinta-ala)	<p>Hätätilanteen savunpoisto tulee tarkastella ilmanvaihtoasiantuntijan kanssa, huomioiden puhaltimien teho ja tulipalotilanteessa mahdollinen savupiippuefekti.</p> <p>Savunpoisto tarkastellaan lähtökohtaisesti tulipalon näkökulmasta. Tämä vääristää mm. kaasuvuotoihin liittyvää ilmanvaihtotilannetta. Mikäli kohteessa kuljetusten ainejakauma vastaa Suomen yleistä ainejakaumaa, aiheutuva virhe on erittäin vähäinen.</p> <p>Laskennassa käytettävä arvo määritellään voimakkaan tulipalotilanteen (~200 MW palo) mukaisesti.</p>

Savunpoiston käynnistymisaika hätätilanteessa	Kohdekohtaisesti, riippuen savunpoisto- ja HHJ-ratkaisuista	<p>Mikäli kohteessa on impulssi-puhaltimet, käynnistymisaika on 1 minuutti / 1 m/s (esim. 3 m/s ilmavirta saavutetaan kolmen minuutin kuluessa) siitä, kun liikenne on pysäytetty (ks. 5.3.2).</p> <p>Mikäli kohteessa ei ole puhaltimia, käynnistymisaikana (eli liikenteen määntäefektin vaikutuksen päättymisen) käytetään 1 minuuttia.</p>
Kuivatus (kaivot)	Kohdekohtaisesti	Kaivojen pinta-ala ja niiden välinen keskimääräinen etäisyys
Hätäpoistumisteiden välinen etäisyys	Kohdekohtaisesti	Etäisyys keskimäärin
Evakuointijärjestelmät	Kohdekohtaisesti	Huomioitava ohjeet, jotka määrittelevät kohdekohtaisen minimitason

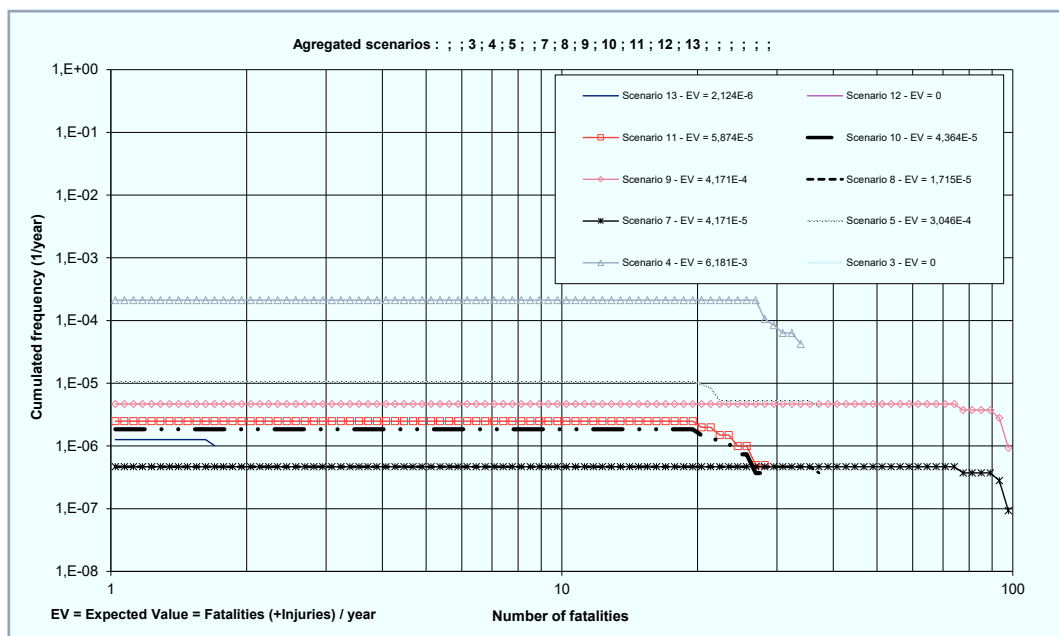
Tarkasteltaessa kohdekohtaista uhrien lukumäärän odotusarvoa, tunnelin rakenteilla ei ole merkitystä laskentatulokseen. Laskenta ei huomioi esimerkiksi rakenteiden sortumisesta johtuvia uhreja.

Vaikutukset laskentaan:

- ➔ Tunnelin ominaisuudet ja varustelu vaikuttavat onnettomuusskenaarioiden vakavuuteen. Vaikutukset ovat skenaariokohtaisia.
- ➔ Tunnelin rakenteilla ei ole vaikutusta kohdekohtaisten riskien tarkastelussa.

5.6 Tarkastelun tulosten tulkinta

Laskennan tuloksena saadaan onnettomuusskenaariokohtaiset F/N-käyrät (kuva 1). Käyrät kuvaavat onnettomuuden esiintymistiheyden uhrien lukumäärän funktiona. Käyrät piirretään kaksoislogaritmiselle asteikolle.



Kuva 1. Esimerkki F/N-käyrästä.

Kukin käyrä ilmaisee, mikä on odotusarvo sellaisen onnettomuuden esiintymistiheydelle (kertaa / vuosi, y-akseli), jossa kuolee N ihmistä (x-akseli). Käyrät piirtyvät skenaariokohtaisesti. Jokaisen tarkasteltavan skenaarion osalta ilmoitetaan uhrien kokonaismäärän odotusarvo (skenaariokohtainen EV, X kuolonuhria vuodessa). Uhrien kokonaismäärän odotusarvo on onnettomuusskenaarion F/N-käyrän integraali. Riskitarkastelun keskeinen tulos, eli kohdekohtainen uhrien kokonaismäärä, on skenaariokohtaisten odotusarvojen summa. Tätä lukua verrataan Suomen tietunneleille määritellyyn hyväksyttävään riskitasoon (1 kuolema / 500 vuotta). Tarkasteltavan tunnelin riskitason tulee alittaa hyväksyttävän riskitason raja. Mikäli näin ei toteudu, tulee suunnitella toimenpiteet riskitason alentamiseksi.

F/N-käyrien muodosta ja sijainnista y-akselilla voidaan tulkita seuraavia asioita:

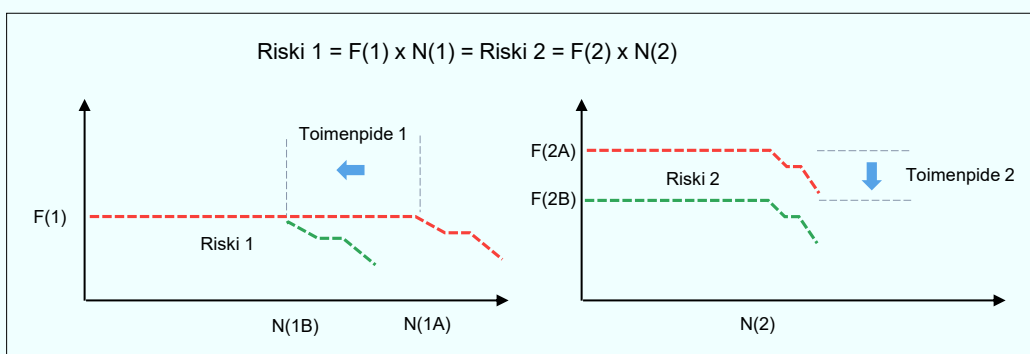
- Uhrien lukumäärän ollessa 1 (y-akselin leikkauskohta) tätä vastaava esiintymistiheys kuvaa todennäköisyyttä sille, että kuolemiin johtava onnettomuusskenaario ylipäätään tapahtuu.
- Käyrän vaakasuorat osuudet kuvaavat sitä, kuinka monta uhria yhdestä onnettomuudesta seuraa (vaakasuuralla osuudella tapahtuman esiintymistiheys on vakio). Käyrän muodosta ja sen sijainnista y-akselilla voidaan siis tulkita, kuinka todennäköistä on, että tapahtuu onnettomuus, jossa kuolee X ihmistä. Tämä mahdollistaa riskin aversion tarkastelun.
 - Riskin aversion kuvaus riskin "vastenmielisyyttä". Voidaan ajatella, että esimerkiksi kymmenen onnettomuutta, joissa kuolee yksi ihminen, on hyväksyttävämpää kuin yksi onnettomuus, jossa kuolee kymmenen ihmistä.

F/N-käyrien tulkinta on oleellinen osa riskitasoa alentavien toimenpiteiden suunnittelua. Suunnittelussa tulee huomioida muun muassa seuraavat kysymykset:

- Mikä VAK-onnettomuusskenaario on johtanut korkeaan riskitasoon?
- Onko korkea riskitaso johtunut em. onnettomuusskenaarion esiintymistiheydestä vai sen vaikutusten laajuudesta (tai sekä että)?
- Onko em. onnettomuusskenaariolla merkittävät vaikutukset tunnelin ja tien rakenteisiin, varusteisiin ja ympäristössä (rahalliset riskit)?

Näiden kysymysten avulla voidaan löytää tehokkain tapa alentaa riskitasoa. Kuvassa 2 on esitetty kaksi kuvitteellista F/N-käyrää kuvaamaan F/N-käyrien tulkintaa ja toimenpiteiden suunnitteluperiaatteita:

- Käyrän 1 (vasemmalla) kuvaaman onnettomuusskenaarion tapahtumatodennäköisyys on erittäin matala, mutta siitä johtuvat henkilövahinkoihin liittyvät seuraukset ovat erittäin vakavat. Tässä kuvitteellisessa esimerkissä kyseisen onnettomuusskenaarion rahalliset vaikutukset ovat verrattain vähäiset (esim. myrkykaasuvuoto).
- Käyrän 2 (oikealla) kuvaaman onnettomuusskenaarion tapahtumatodennäköisyys on verrattain korkea, mutta sen henkilövahinkoihin liittyvät vaikutukset ovat melko vähäiset. Tässä kuvitteellisessa esimerkissä kyseisen onnettomuusskenaarion rahalliset vaikutukset ovat erittäin merkittävät (esim. massiivinen tulipalo).
- Käyrän 1 tapauksessa on perusteltua pyrkiä pienentämään onnettomuuden seurausten vakavuutta (toimenpide 1); tunnelin yleisen turvallisuustason (onnettomuutta ehkäisevät toimenpiteet) parantaminen saattaa olla tehottomampi (tai jopa mahdoton) ratkaisu kuin esim. poistumismahdollisuuksien parantaminen (esim. yhdyskäytävien määrän lisääminen). Seurausten vakavuuden pienentäminen tässä tapauksessa myös pienentää riskin aversiota.
- Käyrän 2 tapauksessa on perusteltua pyrkiä pienentämään onnettomuuden tapahtumatodennäköisyyttä (toimenpide 2); koska onnettomuusskenaarion taloudellisetkin vaikutukset ovat merkittävät, on järkevää alentaa riskitasoa vaikuttamalla onnettomuusasteeseen (onnettomuuden tapahtumatodennäköisyyden pienentäminen).



Kuva 2. Periaate F/N-kuvaajan muodon vaikutuksesta riskejä alentavien toimenpiteiden valintaan. Ensimmäisen kuvaajan tapauksessa on tehokkaampaa pienentää tapahtuvan VAK-onnettomuuden seurauksia. Toisen kuvaajan tapauksessa tehokkainta on vaikuttaa onnettomuuden tapahtumatodennäköisyyteen. Tehokkaimman keinon valintaan vaikuttaa muun muassa aversioteijät, toimenpiteiden kustannustehokkuus ja onnettomuusskenaarion taloudelliset vaikutukset.

Seuraavassa alaluvussa on esitetty toimenpiteet, joilla DG QRAM -ohjelmassa voidaan vaikuttaa VAK-onnettomuusskenaarioiden tapahtumatodennäköisyyteen ja niiden vakavuuteen.

5.7 Toimenpiteet riskien pienentämiseksi

5.7.1 Raskaan liikenteen onnettomuusasteeseen vaikuttavat toimenpiteet

Seuraavassa on esitetty yleisimmät toimenpiteet, joilla voidaan vaikuttaa onnettomuusskenaarioiden tapahtumatodennäköisyyteen. Toimenpiteiden vaikutukset vietään laskentaan muokkaamalla raskaan liikenteen onnettomuusastetta käyttämällä seuraavia kertoimia:

- | | |
|---|-------------------------|
| • Tunneli on vähintään 500 m pitkä | 0,80 * onnettomuusaste |
| • Tunneli on valaistu | 0,965 * onnettomuusaste |
| • Tunnelialueen nopeusrajoitus on alennettu | 0,90 * onnettomuusaste |
| ○ 120 km/h → 100 km/h | |
| ○ 100 km/h → 80 km/h | |
| ○ 80 km/h → 70 km/h | |
| ○ 70 km/h → 60 km/h | |
| ○ 60 km/h → 50 km/h | |
| • Automaattinen nopeusvalvonta | 0,90 * onnettomuusaste |
| • Sää- ja kelitieto-ohjatut vaihtuvat opasteet | 0,98 * onnettomuusaste |
| • Sää-, keli- ja liikennetieto-ohjatut vaihtuvat opasteet | 0,975 * onnettomuusaste |
| • Kaistaohjaus | 0,95 * onnettomuusaste |

Pääsynsäättely on liikenteen ohjaustoiminto, jolla estetään pysähtyvän jonon kertyminen tunneliin. Pääsynsäättelyllä ei katsota olevan tässä turvallisuusvaikutuksia.

5.7.2 VAK-skenaarioiden vakavuuteen vaikuttavat toimenpiteet

Seuraavassa on esitetty yleisimmät toimenpiteet, joilla voidaan vaikuttaa onnettomuusskenaarioiden vakavuuteen. Vakavuuteen liittyvät toimenpiteet tulee huomioida joko suoraan laskennassa tai välillisesti vaikuttaen tiettyihin laskennassa käytettäviin parametreihin.

- | | |
|--|------------------|
| • Savunpoisto | ks. 5.5 |
| • Kuivatus | ks. 5.5 |
| • Hätäpoistumistiet | ks. 5.5 |
| • Evakuointijärjestelmät | ks. 5.5 |
| • Häiriönhavaintojärjestelmä | ks. 5.3.2 ja 5.5 |
| • Tunnelin sulkemiseen liittyvät varusteet | ks. 5.3.2 ja 5.5 |

5.7.3 Muut toimenpiteet

Sprinklerijärjestelmällä voidaan muun muassa hillitä tulipalojen vakavuutta. Sprinklerijärjestelmän vaikutus tulee tarkastella kohdekohtaisesti paloasiantuntijoiden kanssa. Sprinklerijärjestelmä voidaan huomioida laskennassa esimerkiksi muokkaamalla niiden skenaarioiden kehittymisnopeutta, joihin järjestelmällä katsotaan olevan vaikutusta. Tämä voidaan tehdä ohjelman ExpertUserInterface-sovelluksessa.

Toteuttamalla pysäytyskohtia (vähintään liikennevalot) tunnelin sisäpuolelle on mahdollista vähentää vaara-alueelle ajavan liikenteen määrää ja täten vähentää tiettyjen onnettomuusskenaarioiden seurausten vakavuutta. Jotta toteutuksella on (merkittäviä) vaikutuksia onnettomuusskenaarioiden seurauksiin, tulee liikenteen pysäytys tapahtua automaattisesti, kun onnettomuus on havaittu pysäytyskohdan alavirrassa. Havainto onnettomuuden sijainnista tulee olla luotettava. DG QRAM -ohjelmalla ei ole mahdollista tutkia tarkasti tunnelin sisäpuolelle toteutetun pysäytyskohdan vaikutuksia. Pysäytyskohdan toteutuksella on vaikutuksia vain niihin onnettomuusskenaarioihin, joiden vaikutusalue on verrattain lyhyt.

Korkean VAK-riskin omaavissa kohteissa ennen tunnelin suuaukkoa voidaan toteuttaa (rakenteellisesti erotettu) kaista VAK-liikenteelle, johon kaikki VAK-liikenne ohjataan liikennemerkeillä. Kaistalla olevan VAK-liikenteen ja tunnelialueen muun liikennetiedon perusteella voitaisiin muun muassa alentaa tunnelialueen onnettomuusriskiä dynaamisesti (esim. nopeusrajoituksen alentaminen) tai säännellä VAK-liikenteen pääsyä tunnelialueelle.

6 Kuljetusrajoitukset ja vaihtoehtoiset reitit

Mikäli kohteen riskejä ei voida alentaa riittävälle tasolle parantamalla tunnelin varustelua ja rakenteellisia ratkaisuja, joudutaan VAK-liikennettä rajoittamaan kohteessa. Lähtökohtana kuitenkin on, että kuljetuksia ei rajoiteta.

Kohteissa, joissa VAK-riskien alentaminen tunnelissa johtaa kohtuuttomiin kustannuksiin ja kohteen rinnalla kulkee selkeäpiirteinen vaihtoehtoinen reitti, rajoituksia voidaan asettaa seuraavin ehdoin:

- Tunnelin riskitasoa ei saada laskettua hyväksyttävälle tasolle kohteeseen tavanomaisen varustelun tai ratkaisujen avulla.
- Vaihtoehtoinen reitti on vähäliikenteinen, se arvioidaan turvallisesti huomioiden mm. geometria, liittymät ja liikennemäärät ja se ei kulje tiiviissä kaupunkirakenteessa. Tunnelialueelle saapuva VAK-liikenne voidaan ohjata vaihtoehtoiselle reitille paikallisesti (VAK-liikenteen ohjausta ei tarvitse tehdä verkollisesti laajalta alueelta).
- VAK-liikenteen siirtoa vaihtoehtoiselle reitille puoltaa tunnelin hallinnollisten tahojen lisäksi kunta, alueellinen ELY-keskus (L- ja Y-vastualue) ja pelastuslaitos.

Mikäli edellä mainitut ehdot eivät täyty, kuljetuksia ei rajoiteta. Tällöin VAK-riskejä alennetaan kohteeseen soveltuvilla, erikseen suunniteltavilla keinoilla. Suunnittelussa hyödynnetään DG QRAM -tarkastelujen tuloksia, ja keinojen vaikuttavuutta arvioidaan uusien DG QRAM -tarkastelujen avulla (varmistetaan, että toimenpiteiden myötä riskitaso on hyväksyttävällä tasolla).

Mikäli kuljetusrajoituksia asetetaan, rajoitusten asettamisen periaatteet ovat seuraavat:

- Ensisijaisesti kuljetuksia rajoitetaan ajallisesti. VAK-liikennettä voidaan rajoittaa esim. ruuhka-aikoina, jolloin mahdollisen VAK-onnettomuuden seurausvaikutukset ovat suurimmillaan.
- Mikäli ajallinen rajoittaminen ei riitä alentamaan riskejä riittävästi, tulee rajoittaa kuljettavia aineita. Kuljetusrajoitus asetetaan sen mukaan, mikä DG QRAM -ohjelman VAK-onnettomuusskenaario nostaa kohteen riskitason ei-hyväksyttävälle tasolle. Liitteessä 1 on esitetty VAK-onnettomuusskenaariot sekä näitä vastaavat tunneliluokat rajoituksia varten.

Kuljetusrajoitusten hakuprosessi on esitetty kuvassa 3.

ALOITE TUNNELIN VAK-RAJOITUKSELLE JA HAKEMUKSEN VALMISTELU

- *Hakemuksen tulee perustua DG QRAM -riskitarkasteluihin (ks. luku 4), jotka on laatinut riippumaton toimija.*
- *Riskitarkastelujen perusteella esitetään tunnelikategoriaa (B...E) eri ajankohdat huomioiden.*
- *Hakemus toimitetaan tietunnelien hallintoviranomaisen edustajalle.*



HALLINTOVIRANOMAISEN LAUSUNTO HAKEMUKSEEN

- *Hallintoviranomaisen edustaja antaa lausunnon esitykseen, jolloin hakemus täyttää lain vaatimukset tienpitäjän esityksestä.*
- *Hakemus toimitetaan Trafiin.*



TRAFIN PÄÄTÖS KULJETUSRAJOITUKSESTA

- *Trafi voi liittää rajoituspäätökseen ehtoja, joilla varmistetaan kuljetusten turvallisuus.*

Kuva 3. Hakemusprosessin periaate.

7 VAK-kelpoisuusselvitysdokumentin sisältövaatimukset

VAK-kelpoisuusselvitysdokumentin tulee sisältää ainakin seuraavat asiakokonaisuudet.

0. (DOKUMENTIN LAADINTAAN LIITTYVÄT TIEDOT)

- Tunnelikohde ja suunnitteluvaihe, jossa selvitys on laadittu
- Laatija ja laadinnasta vastannut taho
- Laadinta-ajankohta

1. SELVITYKSEN LÄHTÖKOHDAT

Lähtökohdat kirjataan karkealla tasolla perustuen selvityksen laadintavaiheessa tiedossa oleviin ratkaisuihin, muun muassa:

- a. Tunnelikohteen rakenteelliset ratkaisut
 - Rakennustapa, mitat, tieteelliset ratkaisut, VAK-turvallisuuden kannalta olennaiset rakenteet (kuivatus, palotekniset rakenteet).
- b. Tunnelikohteen liikenteen kuvaus
 - Henkilöauto- ja raskaan liikenteen määrä (nykytilanne ja ennuste).
 - VAK-liikenteen määrä ja kuljetusten ainejakauma (nykytilanne ja ennuste) perustuen laskentoihin, käytössä oleviin selvityksiin sekä Trafin ja alueellisen ELY-keskuksen asiantuntija-arvioon.
- c. Kohteelle laadittavat riskitarkastelut kohtien 1a...1c perusteella.
 - Kohdekohtaisten riskitarkastelujen menetelmiä ja vaatimuksia on käsitelty alaluvussa 3.3.

2. RISKITARKASTELUT

Riskitarkastelujen laadinta on ohjeistettu menetelmästä riippuen tämän ohjeen luvuissa 3-5. Riskitarkasteluista VAK-kelpoisuusselvitykseen dokumentoidaan joko asiantuntija-arvion sisältö (vähäriskiset kohteet, alaluvut 3.2 ja 3.3) TAI seuraavat DG QRAM -tarkastelujen ja suunnittelun tulokset:

- Tarkasteluissa käytetyt lähtöarvot ja ohjelmistoversio.
- Tarkastelun F/N-käyräkuvaaja ja analyysit kuvaajista (mm. todennäköisimmät onnettomuusskenaariot, uhrien lukumäärät).
- Riskejä alentavien toimenpiteiden valintaperusteet.
- Asiantuntija-arvio siitä, mitä vaurioita onnettomuusskenaarioista seuraa tien ja tunnelin rakenteille ja mahdollisiin muihin oleellisiin kohteisiin (esim. tunnelin välittömässä läheisyydessä oleville toiminnoille).

3. ARVIO KOHTEN VAK-KELPOISUUDESTA

Kohteen VAK-kelpoisuus arvioidaan tunnelin lähtökohtien ja riskitarkastelujen tulosten perusteella. Arvioinnissa määritellään tunnelin varustelun ja ratkaisujen merkitys VAK-kelpoisuudessa. Lisäksi määritellään, millä reunaehdoilla tunnelin katsotaan olevan VAK-kelpoinen ja missä tilanteissa VAK-kelpoisuus tulee tarkistaa. Huomioitavia asioita ovat muun muassa:

- Liikenteen ja VAK-kuljetusten määrän kasvu.
- Järjestelmien toimintavarmuus.
- Hankekokonaisuuden merkittävät muutokset.
- Muut tunnistetut ehdot.

Onnettomuusskenaariot

Suomen DG QRAM -tarkasteluissa käytetään seuraavia skenaarioita, mikäli kohteessa VAK-kuljetukset vastaavat Suomen yleistä kuljetusjakaumaa. Taulukossa on esitetty myös skenaariokohtainen tunneliluokka kuljetusrajoitusten asettamista varten.

Onnettomuusskenaario ja sen jakauma Suomessa (*)			Tunneliluokka, mikäli rajoitus perustuu skenaarioon
3	BLEVE of a 50 kg propane cylinder (50kg propaanipakkauksen höyryräjähdys)	0,0003	D
4	Motor spirit pool fire (Polttonestelammikon palo)	0,317	D
5	VCE of motor spirit (polttonesteen höyrypilviräjähdys)	0,159 (**)	D
7	BLEVE of a 18 tonne propane tank (18 tonnin propaanitankin höyryräjähdys)	0,007	B
8	VCE of propane (propaanin höyrypilviräjähdys)	0,007	B
9	Propane torch fire (tuleen syttyvä nestekaasu)	0,007	B
10	Ammonia release (ammoniakkivuoto)	0,002	C
11	Acrolein in bulk release (akroleenitankin vuoto)	0,003	C
12	Acrolein in cylinder release (akroleenipakkausten vuoto)	0,000	D
13	BLEVE of a 20 tonne CO ₂ tank (20 tonnin hiilidioksidisäiliön höyryräjähdys)	0,019	C

*) Lähde, josta jakauma on johdettu: Vaarallisten aineiden kuljetukset 2012, Trafi

**) Oletuksena, että 50 % polttoainekuljetuksista on dieselöljyä.

Terminologia:

- *BLEVE = Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*. Paineistettua tai nestemäistä kaasua sisältäville säiliöille ominainen räjähdystyyppi, jossa säiliön kuumeneminen (esim. tulipalossa) johtaa aineen laajenemiseen. Laajeneminen johtaa lopulta säiliön halkeamiseen.
- *VCE = Vapor Cloud Explosion*. Räjähdystyyppi, jossa syttyvää ainetta haihtuu ja sekoittuu ilmaan, muodostaen pilven, joka räjähtää syttyessään.
- *Torch fire*. Kaasuihin liittyvä tulipalotyyppi, jossa vaurioituneesta säiliöstä suihkuava kaasu syttyy ja palaa soihnumaisesti.

ISSN-L 1798-663X
ISSN 1798-6648
ISBN 978-952-317-467-2
www.liikennevirasto.fi

Liik
enne
vira
sto

Tämä asiakirja on allekirjoitettu

Lista allekirjoittajista

Allekirjoittaja

Todennus